

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

013105549     \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2000-277420/ 200024

XRPX Acc No: N00-208763

Exposure system adjustment method for manufacturing semiconductor device,  
involves adjusting wavelength of light such that it is mutually different  
in usage and adjusting environments

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR )

Number of Countries: 001    Number of Patents: 001

Patent Family:

| Patent No     | Kind | Date     | Applicat No | Kind | Date    | Week     |
|---------------|------|----------|-------------|------|---------|----------|
| JP 2000075493 | A    | 20000314 | JP 98259491 | A    | 1998082 | 200024 B |

Priority Applications (No Type Date): JP 98259491 A 19980828

Patent Details:

| Patent No     | Kind | Lan Pg | Main IPC      | Filing Notes |
|---------------|------|--------|---------------|--------------|
| JP 2000075493 | A    |        | 9 G03F-007/20 |              |

Abstract (Basic): JP 2000075493 A

NOVELTY - The wavelength of light from light source (11) is  
adjusted suitably. In the usage environment, the wavelength of light is  
different from that of the wavelength in the adjusting environment.

USE - For adjusting exposure system used in manufacturing  
semiconductor device, LCD, etc.

ADVANTAGE - Improves optical performance by eliminating need for  
recondition of projection optical system.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows outline of exposure  
system.

Light source (11)

pp; 9 DwgNo 1/5

Title Terms: EXPOSE; SYSTEM; ADJUST; METHOD; MANUFACTURE; SEMICONDUCTOR;  
DEVICE; ADJUST; WAVELENGTH; LIGHT; MUTUAL; ADJUST; ENVIRONMENT

Derwent Class: P84; U11

International Patent Class (Main): G03F-007/20

International Patent Class (Additional): H01L-021/027

File Segment: EPI; EngPI

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-75493

(P2000-75493A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テーマコード* (参考)    |
|---------------------------|-------|---------------|-----------------|
| G 0 3 F 7/20              | 5 0 5 | G 0 3 F 7/20  | 5 0 5 2 H 0 9 7 |
|                           | 5 2 1 |               | 5 2 1 5 F 0 4 6 |
| H 0 1 L 21/027            |       | H 0 1 L 21/30 | 5 1 5 B         |
|                           |       |               | 5 1 5 D         |
|                           |       |               | 5 1 6 Z         |

審査請求 未請求 請求項の数8 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-259491

(22) 出願日 平成10年8月28日 (1998.8.28)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 田中 一政

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 諏訪 恭一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100094329

弁理士 猪熊 克彦

Fターム(参考) 2H097 BA02 BB02 CA17 CB02 LA10

5F046 AA22 BA03 CA04 CB02 CB03

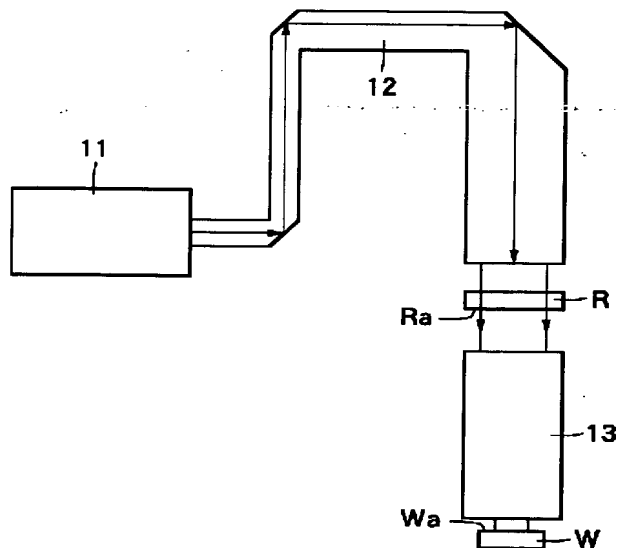
DA27

(54) 【発明の名称】 露光装置及びその調整方法

(57) 【要約】

【課題】調整環境における空気屈折率と使用環境における空気屈折率とが異なる場合に、使用環境における光学性能を十分に高めることができる露光装置の調整方法を提供する。

【解決手段】光源11と、光源からの光によって原版R上のパターンを均一に照明する照明光学系12と、パターンを通過した光を基板W上の感光面に投影して露光する投影光学系13とを備える露光装置を、調整環境にて調整した後に、調整環境とは空気屈折率が異なる使用環境にて使用するための露光装置の調整方法において、光源11は、光源が発する光の波長を調整できるように構成され、使用環境で使用する時の光源11からの光の波長として、調整環境で調整したときの光源からの光の波長とは異なる波長を使用する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光源と、該光源からの光によって原板上のパターンを均一に照明する照明光学系と、前記パターンを通過した光を基板上の感光面に投影して露光する投影光学系とを備える露光装置を、調整環境にて調整した後に、該調整環境とは空気の屈折率が異なる使用環境にて使用するための前記露光装置の調整方法において、前記光源は、該光源が発する光の波長を調整できるように構成され、

前記使用環境で使用するときの前記光源からの光の波長として、前記調整環境で調整したときの前記光源からの光の波長とは異なる波長を使用することを特徴とする露光装置の調整方法。

【請求項2】前記投影光学系は、屈折型光学素子のみからなり、又は屈折型光学素子と反射型光学素子とからなり、前記屈折型光学素子はすべて同一の硝材によって形成されていることを特徴とする請求項1記載の露光装置の調整方法。

【請求項3】前記光源は、発振波長が250nm以下のレーザーであることを特徴とする請求項1又は2記載の露光装置の調整方法。

【請求項4】光源と、該光源からの光によって原板上のパターンを均一に照明する照明光学系と、前記パターンを通過した光を基板上の感光面に投影して露光する投影光学系とを備える露光装置において、該露光装置は、調整環境にて調整された後に該調整環境とは空気の屈折率が異なる使用環境に設置され、前記光源は、該光源が発する光の波長を調整できるように構成され、且つ前記使用環境で使用するときの前記光源からの光の波長として、前記調整環境で調整したときに用いた光の波長とは異なる波長の光を発するように調整されたことを特徴とする露光装置。

【請求項5】第1波長を持つ検査光を用いて光学系の光学性能を第1環境条件のもとで検査及び調整する第1工程と、

前記光学系が使用される第2環境条件と前記第1工程での第1の環境条件との差異に基づいて、第2環境条件のもとで前記光学系が使用される際における前記第1波長とは異なる第2波長を持つ使用光を求める第2工程と、前記第2工程によって求められた前記第2波長を持つ使用光を前記光学系へ導く第3工程とを有することを特徴とする光学系の調整方法。

【請求項6】前記光学系は、マスク上に形成される所定のパターンの像を感光性基板に投影する投影光学系であることを特徴とする請求項5に記載の光学系の調整方法。

【請求項7】所定のパターンが形成されたマスクを照明するために、所定の基準波長を持つ光を出力する光源と、前記マスクのパターンの像を感光性基板に投影する投影光学系とを備えた露光装置の製造方法において、

第1波長を持つ検査光を用いて前記投影光学系の光学性能を第1環境条件のもとで検査及び調整する第1工程と、

前記投影光学系が使用される第2環境条件と前記第1工程での第1の環境条件との差異に基づいて、第2環境条件のもとで前記投影光学系が使用される際における前記第1波長とは異なる第2波長を持つ使用光を求める第2工程と、

前記第2工程によって求められた前記第2波長を持つ使用光を前記投影光学系へ導くために前記光源からの出力される光の波長を調整する第3工程とを有することを特徴とする露光装置の製造方法。

【請求項8】請求項7に記載の露光装置の製造方法によって製造された露光装置を提供する工程と、

前記光源からの前記第2波長を持つ使用光によって前記マスクを照明する照明工程と、

前記投影光学系を介して前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含むことを特徴とする露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光源と照明光学系と投影光学系を備えた露光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子、液晶表示素子などの素子を製造するために、所定のパターンが形成された投影原版としてのマスクを、投影光学系を介して感光性基板上に投影露光する露光装置が用いられている。このような露光装置の投影光学系としては、露光波長の光に対して透過性の光学特性を持つ屈折性の光学素子であるレンズで構成される屈折型の投影光学系や、屈折性の光学素子としてのレンズと反射性の光学素子としてのミラーを組み合わせた反射屈折型の投影光学系が広く使用されている。

【0003】他方、近年においては半導体素子、液晶表示素子などに代表される素子の集積度が高まり、基板上に転写されるパターンも微細化の一途をたどっている。そしてマスクパターンを感光性基板に良好に転写し得る投影露光装置を提供し、さらには、より高い集積度を持つ半導体素子をはじめとした各種の素子を製造するための露光装置を提供するためには、投影露光装置の投影光学系には、より高い解像力を持つ極めて高い光学性能が要求される。より高い解像力を達成するために、光学系の開口数が大きくなってきているのと同時に、光源も従来の超高圧水銀ランプから、より波長の短いエキシマレーザーなどが使われ始めている。

【0004】これらの露光装置が設置され使用される場所は、露光装置の投影光学系の調整および評価が行われる標高と同じとは限らず、はるかに標高が高く、平均気圧の低い場所に設置されて使われるケースも多い。一般

的に標高が変化すると大気圧が変化し、それに伴って空気の屈折率が変化する。空気の屈折率が変化すると、上記のようなレンズなどの屈折性の光学素子においては、屈折面での光線の屈折角が変わり、光学系の性能が変化する。

【0005】従来は、露光装置の投影光学系の調整、評価を行う調整環境と、露光装置が設置、使用される使用環境とで空気の屈折率が異なる場合に、次のようにして露光装置を調整している。すなわち先ず調整環境において所望の性能を達成した後に、投影光学系の空気間隔などを変更して、使用環境に移動、設置した場合に所望の性能が再現できるように、意図的に性能を変化させている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の調整方法では、使用環境向けの収差オフセットを投影光学系に加えた場合に、調整環境においては結像性能が悪くなりすぎて、投影光学系の諸性能の正確な評価が困難になる。このため、使用環境での光学性能をあらかじめ調整環境において確認するためには、調整環境において露光装置全体が入れられるような気圧可変チャンバーなどの大掛かりな設備と時間が必要である。したがって本発明は、調整環境における空気の屈折率と使用環境における空気の屈折率とが異なる場合に、使用環境における光学性能を十分に高めることができる露光装置の調整方法を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、調整環境において光学系の調整、評価を行って所望の性能を達成した後に、空気の屈折率が異なる使用環境に露光装置を移動して設置するに際して、空気の屈折率の変化に応じた分だけ投影光学系に収差オフセットを加えるのではなく、空気の屈折率の変化に応じた分だけ露光波長を変化させることによって、投影光学系の再調整の作業を皆無とし、あるいは軽減するものである。すなわち本発明は、光源と、該光源からの光によって原版上のパターンを均一に照明する照明光学系と、前記パターンを通過した光を基板上の感光面に投影して露光する投影光学系とを備える露光装置を、調整環境にて調整した後に、該調整環境とは空気の屈折率が異なる使用環境にて使用するための前記露光装置の調整方法において、前記光源は、該光源が発する光の波長を調整できるように構成され、前記使用環境で使用する時の前記光源からの光の波長として、前記調整環境で調整した時の前記光源からの光の波長とは異なる波長を使用することを特徴とする露光装置の調整方法である。

【0008】ここで、もしも調整環境と使用環境とで同一の波長の光を用いることとした場合には、

$n_{air}$  : 調整環境における空気の屈折率

$n_{air'}$  : 使用環境における空気の屈折率

$n_{abs}$  : レンズの屈折率

$\theta$  : 屈折面へ入射する光線の入射角

$\theta_1$  : 調整環境における光線の射出角

$\theta_2$  : 使用環境における光線の射出角

とすると、調整環境における屈折の法則（スネルの法則）は、

$$n_{air} \cdot \sin \theta = n_{abs} \cdot \sin \theta_1$$

となり、使用環境における屈折の法則は、

$$n_{air'} \cdot \sin \theta = n_{abs} \cdot \sin \theta_2$$

10 となる。

【0009】上記両式において、

$$n_{air} \neq n_{air'}$$

であるから、

$$\theta_1 \neq \theta_2$$

となる。すなわち、調整環境における収差と使用環境における収差とは、必然的に異なるものになってしまう。

【0010】そこで、調整環境においては調整波長 $\lambda_1$ を用い、使用環境においては使用波長 $\lambda_2$ を用いることとし、

20  $n_{air,1}$  : 調整環境における空気の調整波長 $\lambda_1$ に対する屈折率

$n_{air,2}$  : 使用環境における空気の使用波長 $\lambda_2$ に対する屈折率

$n_{abs,1}$  : レンズの調整波長 $\lambda_1$ に対する絶対屈折率

$n_{abs,2}$  : レンズの使用波長 $\lambda_2$ に対する絶対屈折率

とすると、調整環境における屈折の法則は、

$$n_{air,1} \cdot \sin \theta = n_{abs,1} \cdot \sin \theta_1 \quad \dots (1)$$

となり、使用環境における屈折の法則は、

$$n_{air,2} \cdot \sin \theta = n_{abs,2} \cdot \sin \theta_2 \quad \dots (2)$$

30 となる。

【0011】調整環境における収差と、使用環境における収差とが同一となるためには、

$$\theta_1 = \theta_2$$

となる必要があり、したがって(1)、(2)式より、

$$n_{abs,1} / n_{air,1} = n_{abs,2} / n_{air,2} \quad \dots (3)$$

となる。すなわち、

$n_{rel,1}$  : 調整波長 $\lambda_1$ における調整環境の空気に対するレンズの相対屈折率

$n_{rel,2}$  : 使用波長 $\lambda_2$ における使用環境の空気に対するレンズの相対屈折率

40 とすると、

$$n_{rel,1} = n_{rel,2} \quad \dots (3a)$$

となる。

【0012】以上より、使用環境において、上記(3)式又は(3a)式を満たす使用波長 $\lambda_2$ に変更することにより、調整環境における収差と使用環境における収差とを同一とすることができる。したがって、使用環境での投影光学系の調整を、原理的に皆無とすることができる。なお、複数種類の硝材を使用する場合において、各硝材の分散が等しければ、すべてのレンズについて

(3)式を満たすことができる。各硝材の分散が異なるときには、すべてのレンズについて(3)式を満たすようにすることはできないが、主たる硝材について(3)式を満たす使用波長 $\lambda_2$ を選択することにより、使用環境での調整作業を軽減することができる。

【0013】本発明はまた、第1波長を持つ検査光を用いて光学系の光学性能を第1環境条件のもとで検査及び調整する第1工程と、前記光学系が使用される第2環境条件と前記第1工程での第1の環境条件との差異に基づいて、第2環境条件のもとで前記光学系が使用される際における前記第1波長とは異なる第2波長を持つ使用光を求める第2工程と、前記第2工程によって求められた前記第2波長を持つ使用光を前記光学系へ導く第3工程とを有することを特徴とする光学系の調整方法である。なお、第2工程における「使用光を求める」とは、第2波長を求めることである。また、上記とは逆に、第2波長をまず定め、かかる後に第1波長を求める場合も、本発明の範囲内に含まれる。

【0014】本発明は更に、所定のパターンが形成されたマスクを照明するために、所定の基準波長を持つ光を出力する光源と、前記マスクのパターンの像を感光性基板に投影する投影光学系とを備えた露光装置の製造方法において、第1波長を持つ検査光を用いて前記投影光学系の光学性能を第1環境条件のもとで検査及び調整する第1工程と、前記投影光学系が使用される第2環境条件と前記第1工程での第1の環境条件との差異に基づいて、第2環境条件のもとで前記投影光学系が使用される際における前記第1波長とは異なる第2波長を持つ使用光を求める第2工程と、前記第2工程によって求められた前記第2波長を持つ使用光を前記投影光学系へ導くために前記光源からの出力される光の波長を調整する第3工程とを有することを特徴とする露光装置の製造方法である。本発明は更に、上記露光装置の製造方法によって製造された露光装置を提供する工程と、前記光源からの前記第2波長を持つ使用光によって前記マスクを照明する照明工程と、前記投影光学系を介して前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含むことを特徴とする露光方法である。

\*

$$h = 18400 (\log B_0 - \log B) (1 + \alpha L) \quad \dots (4)$$

$B_0$ : 標高0m(海拔0m)、0℃での大気圧

$\alpha$ : 空気の膨張係数、 $\alpha = 0.0036728 (1/^\circ\text{C})$

で与えられる。

$B_0$ を1気圧、すなわち、

$B_0 = 1013.25 \text{ hPa}$

とすると、(4)式より、標高50m、空気の温度23

℃の調整環境での大気圧 $B_1$ と、標高1000m、空気※

$$(n_s - 1) \times 10^8 = 6432.8 + \frac{2949810}{(146 - \lambda^{-2})} + \frac{25540}{(41 - \lambda^{-2})} \quad \dots (5)$$

で与えられる。したがって、標準空気の調整波長 $\lambda_1 = \star 50 \star 0.2484 \mu\text{m}$ に対する屈折率 $n_{s,1}$ は、(5)式よ

# \*【0015】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面によって説明する。図1は、本発明による調整方法を適用する露光装置の概略図を示し、この露光装置は、半導体素子等の製造に使用される。光源11より発した光は、照明光学系12を通過し、レチクルR上のパターン面Raを均一に照明する。パターン面Raを通過した光は、投影光学系13を通過し、ウェハW上の感光面Waにパターン面Raの像を結像して転写する。

10 【0016】図2は、露光装置の光源として使われているエキシマレーザーの構造を示す。レーザーチャンバー23で発生した光は、プリズム22や反射型回折格子21を往復通過することにより、特定の波長の光だけが選択されて発振し、スペクトルの狭帯化が図られる。狭帯化されたレーザー光は、レーザーチャンバー23より射出し、その波長は、ハーフミラー25を介して、エタロンなどを使用した波長モニター24によって測定される。波長モニター24によって測定されたレーザー光の波長が変化した場合には、反射型回折格子21の角度をコントロールすることにより、波長の安定化を図ることができる。レーザー光源のスペクトル幅が十分に狭い場合は、投影光学系は色収差の補正を行う必要がなくなる。したがって、単一種類の硝材で投影光学系を構成することができるから、すべてのレンズについて前記(3)式を満たすことが可能となる。また、反射型回折格子21の角度を変更することにより、発振波長を容易に変更することができるから、使用環境に対する調整作業は容易である。

30 【0017】次に、具体例を挙げて説明する。露光装置の光学系の調整、評価を行う調整環境の標高を海拔50mとし、露光装置を設置し実際に使用する使用環境の標高を海拔1000mとし、空気の温度すなわち露光装置の設定温度を調整環境、使用環境とも23℃とし、露光装置の光源であるエキシマレーザーの調整環境での波長 $\lambda_1$ を $\lambda_1 = 0.2484 \mu\text{m}$ とする。

【0018】一般的に標高が高くなると気圧が下がる。標高 $h$ (m)と気圧 $B$ (hPa)と空気の温度 $t$ (℃)との関係は、

40※の温度23℃の使用環境での大気圧 $B_2$ は、それぞれ、

$B_1 = 1007.4207 \text{ hPa}$

$B_2 = 902.8221 \text{ hPa}$

となる。

【0019】他方、標準空気(15℃、1013.25 hPa)の波長 $\lambda$ (0.2~1.35 $\mu\text{m}$ 、真空中)に対する屈折率 $n_s$ は、

り、  
 $n_{s,1} = 1.0003019$   
 となる。

\*【0020】また、標準空気(15℃、1013.25 hPa)の屈折率が $n_s$ のとき、温度 $T$ (℃)、気圧 $P$ (Pa)の空気の屈折率 $n_{air}$ は、

$$n_{air} = 1 + \frac{(n_s - 1)P(1 + 7.501 \times 10^{-3}P\beta_T)(1 + 15\alpha)}{1.013 \times 10^5(1 + 760\beta_{15})(1 + \alpha T)} \quad \dots (6)$$

但し、 $\beta_T = (1.049 - 0.0157T) \times 10^{-6}$   
 $\beta_{15} = 0.8135 \times 10^{-6}$   
 で与えられる。したがって、調整環境での空気の調整波長 $\lambda_1 = 0.2484 \mu\text{m}$ に対する屈折率 $n_{air,1}$ は、  
 (6)式より、

$$n_{air,1} = 1.0002921$$

となる。

【0021】他方、使用環境での空気の使用波長 $\lambda_2$ に対する屈折率 $n_{air,2}$ は、使用波長 $\lambda_2$ が未知のために、当面不明である。そこで第1近似として、使用環境での空気の調整波長 $\lambda_1$ に対する屈折率 $n_{air,2(1)}$ を求めると、(6)式より、

$$n_{air,2(1)} = 1.0002617$$

となる。

【0022】露光装置の投影光学系としては、レンズのみによって構成することもできるし、レンズと凹面鏡などのミラーとを組み合わせた構成とすることもできるが、いずれの構成にしろ、 $0.2484 \mu\text{m}$ 程度の波長を使用するときには、レンズの硝材としては、たとえば合成石英などが適する。そこで、すべてのレンズを合成石英によって形成した場合には、以下ようになる。調整波長 $\lambda_1 = 0.2484 \mu\text{m}$ での合成石英の相対屈折率 $n_{rel,1}$ を、

$$n_{rel,1} = 1.5083900$$

とすると、絶対屈折率 $n_{abs,1}$ は、

$$n_{abs,1} = n_{rel,1} \times n_{air,1} = 1.5088306$$

となる。

【0023】他方、第1近似としての使用環境での合成石英の絶対屈折率 $n_{abs,2(1)}$ は、(3)式より、

$$n_{abs,2(1)} = n_{air,2(1)} / n_{air,1} \cdot n_{abs,1}$$

$$= n_{air,2(1)} \times n_{rel,1}$$

$$= 1.0002617 \times 1.5083900$$

$$= 1.5087848$$

となる。したがって第1近似としての合成石英の屈折率差 $\Delta n$ は、

$$\Delta n = n_{abs,2(1)} - n_{abs,1}$$

$$= 1.5087848 - 1.5088306$$

$$= -0.0000458$$

となる。

【0024】波長が $\lambda = 0.2484 \mu\text{m}$ 付近での合成石英の分散を、

$$\Delta n / \Delta \lambda = -56 \times 10^{-2} (\mu\text{m}^{-1})$$

とすると、必要な波長変更量 $\Delta \lambda$ は、

$$\Delta \lambda = 8.2 \times 10^{-5} \mu\text{m}$$

※となるから、第1近似としての使用波長 $\lambda_{2(1)}$ は、

$$\lambda_{2(1)} = 0.248482 \mu\text{m}$$

となる。

10 【0025】こうして、第1近似としての使用波長 $\lambda_{2(1)}$ が求められたから、以上の手順を繰り返すことによって、第2近似としての使用波長 $\lambda_{2(2)}$ を求めることができる。すなわち、標準空気の第1近似使用波長 $\lambda_{2(1)}$ に対する屈折率 $n_{s,2(1)}$ を(5)式より求め、使用環境での空気の第1近似使用波長 $\lambda_{2(1)}$ に対する屈折率 $n_{air,2(2)}$ を(6)式より求め、使用環境での合成石英の第2近似絶対屈折率 $n_{abs,2(2)}$ を(3)式より求め、屈折率差 $\Delta n$ より第2近似としての使用波長 $\lambda_{2(2)}$ を求めることができる。しかしながら、標準空気の第1近似使用波長 $\lambda_{2(1)}$ に対する屈折率 $n_{s,2(1)}$ を(5)式より求めると、

$$n_{s,2(1)} = 1.0003019$$

となり、調整波長 $\lambda_1$ に対する屈折率と大差がない。すなわち、第1近似にて既に十分に収束している。したがって使用波長 $\lambda_2$ は、

$$\lambda_2 = 0.248482 \mu\text{m}$$

となる。

30 【0026】以上より、標高50mの調整環境において所望の性能を達成した光学系を、そのまま標高1000mの使用環境に移動、設置し、単に光源の波長を $0.2484 \mu\text{m}$ から $0.248482 \mu\text{m}$ に変更することにより、その他の光学的な調整を特に施すことなく、調整環境での光学性能が再現でき、所望の光学性能を達成することが可能となる。

【0027】次に、具体的な投影光学系のレンズ構成を使った例を示す。まず投影光学系のレンズ構成を図3と表1に示す。表1の[全体諸元]中、Bは投影光学系の投影倍率、NAは投影光学系の像側での開口数、Lは物体面(レチクルR)から像面(ウエハW)までの距離を表している。[レンズ諸元]中、第1欄Noは物体側(レチクル)側からの各レンズ面の番号、第2欄rは各レンズ面の曲率半径、第3欄dは各レンズ面から次のレンズ面までの光軸上の距離、第4欄は各レンズ面から次のレンズ面までを満たすレンズ(空欄は空気)の番号を表している。すべてのレンズの硝材は合成石英である。なお表1に示す各数値は、調整環境と使用環境とで同じである。

【0028】

【表1】

## [全体諸元]

B=1/5 NA=0.55 L=1200mm

## [レンズ諸元]

| No | r           | d         |                 |
|----|-------------|-----------|-----------------|
| 0  | $\infty$    | 104.71662 | R               |
| 1  | 955.26796   | 23.00000  | L <sub>1</sub>  |
| 2  | -675.53148  | 20.81278  |                 |
| 3  | 788.04209   | 24.00000  | L <sub>2</sub>  |
| 4  | -320.77870  | 7.92536   |                 |
| 5  | -261.99847  | 20.00000  | L <sub>3</sub>  |
| 6  | -613.40707  | 1.04750   |                 |
| 7  | 343.77433   | 27.00000  | L <sub>4</sub>  |
| 8  | 614.74297   | 0.97572   |                 |
| 9  | 220.40014   | 24.00000  | L <sub>5</sub>  |
| 10 | 111.87626   | 27.04713  |                 |
| 11 | 230.00000   | 23.00000  | L <sub>6</sub>  |
| 12 | -410.00000  | 1.10686   |                 |
| 13 | -2449.05000 | 17.00000  | L <sub>7</sub>  |
| 14 | 118.87129   | 18.76700  |                 |
| 15 | -632.77988  | 12.90000  | L <sub>8</sub>  |
| 16 | 143.15226   | 26.88549  |                 |
| 17 | -108.88557  | 15.00000  | L <sub>9</sub>  |
| 18 | 595.22400   | 52.22565  |                 |
| 19 | 1526.21000  | 35.00000  | L <sub>10</sub> |
| 20 | -168.52598  | 14.91509  |                 |
| 21 | -120.87196  | 22.80000  | L <sub>11</sub> |
| 22 | -188.10351  | 2.79782   |                 |
| 23 | -3191.22000 | 27.00000  | L <sub>12</sub> |
| 24 | -296.62706  | 2.87255   |                 |
| 25 | 697.45117   | 28.00000  | L <sub>13</sub> |
| 26 | -669.27158  | 2.49780   |                 |
| 27 | 358.82454   | 27.00000  | L <sub>14</sub> |
| 28 | -2986.21000 | 1.64701   |                 |
| 29 | 223.50971   | 31.00000  | L <sub>15</sub> |
| 30 | -1510.18000 | 8.60527   |                 |
| 31 | -3596.81000 | 21.00000  | L <sub>16</sub> |
| 32 | 141.11696   | 9.76890   |                 |
| 33 | 194.35300   | 17.00000  | L <sub>17</sub> |
| 34 | 157.66411   | 31.54706  |                 |
| 35 | -209.96142  | 15.90000  | L <sub>18</sub> |
| 36 | 307.10883   | 56.68624  |                 |
| 37 | -175.13115  | 18.00000  | L <sub>19</sub> |
| 38 | -1162.95000 | 6.28784   |                 |

10

|    |             |          |                 |
|----|-------------|----------|-----------------|
| 39 | -505.38166  | 23.00000 | L <sub>20</sub> |
| 40 | -213.39177  | 1.14438  |                 |
| 41 | 3114.45000  | 23.00000 | L <sub>21</sub> |
| 42 | -339.03822  | 2.92283  |                 |
| 43 | 460.54759   | 40.00000 | L <sub>22</sub> |
| 44 | -326.27369  | 9.43498  |                 |
| 45 | -231.89968  | 27.00000 | L <sub>23</sub> |
| 46 | -372.57441  | 1.10071  |                 |
| 47 | 390.03678   | 28.00000 | L <sub>24</sub> |
| 48 | -1994.66000 | 4.83032  |                 |
| 49 | 182.18377   | 29.00000 | L <sub>25</sub> |
| 50 | 525.45378   | 3.29194  |                 |
| 51 | 138.67730   | 39.90000 | L <sub>26</sub> |
| 52 | 312.43609   | 9.82671  |                 |
| 53 | 511.48346   | 23.00000 | L <sub>27</sub> |
| 54 | 81.45867    | 7.04896  |                 |
| 55 | 93.64185    | 34.00000 | L <sub>28</sub> |
| 56 | 934.34560   | 2.00000  |                 |
| 57 | 826.70065   | 35.00000 | L <sub>29</sub> |
| 58 | 1680.21000  | 28.76320 |                 |
| 59 | $\infty$    |          | W               |

【0029】図4(a)と図5(a)は、標高50mの使用環境における球面収差と歪曲収差を示す。球面収差図の縦軸は投影光学系の開口数を表し、歪曲収差図の縦軸は像高を表す。図4(b)と図5(b)は、なんらの調整も行わずに、単に投影光学系を標高1000mの使用環境へ移動、設置した状態での球面収差と歪曲収差を示す。球面収差が最大で $-5\mu\text{m}$ 程度発生しており、歪曲収差も悪化している。このように大きな球面収差や歪曲収差が発生している状況では、露光装置としての所望の性能を発揮することができない。他方、図4(c)と図5(c)は、投影光学系を使用環境へ移動した後、露光波長を使用波長 $\lambda_2$ に変更した状態での球面収差と歪曲収差を示す。両図に示すように、単に露光波長を変更するだけで、その他の光学的な再調整を行うことなく、調整環境での光学性能と同等の光学性能を発揮することができる。

【0030】なお、以上の説明では、調整環境の標高よりも、使用環境の標高の方が高い場合について説明したが、当然に逆の場合でも成り立つ。また、調整環境における空気屈折率と使用環境における空気屈折率とが相違する原因が、標高差に起因する場合について説明したが、原因は必ずしも標高差に限定される訳ではない。すなわち空気屈折率は、緯度や温度によっても相違するが、これらの原因によって空気屈折率が変化する場合にも、本発明を適用することができる。更に、以上の説明では、調整環境と使用環境との空気屈折率が異なる場合について説明したが、同一の使用環境において露光装置を使用し続けている期間中にも、空気屈折率は変動する。この使用環境における空気屈折率の変動

を吸収するためにも、本発明を適用することができる。

# 【0031】

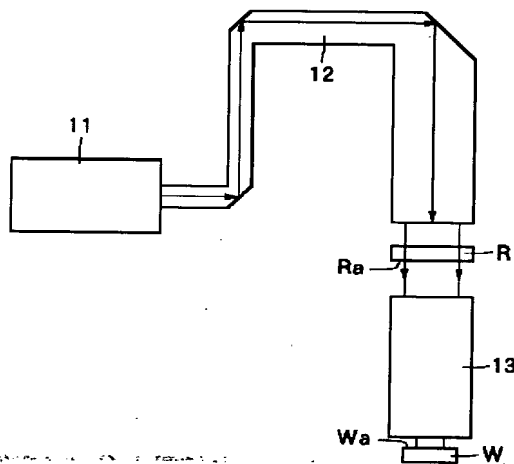
【発明の効果】以上のように本発明は、空気に対する相対屈折率が同じになるように、露光波長を調整するものである。すなわち、調整環境において光学系の調整、評価を行って所望の性能を達成した後に、空気の屈折率が異なる使用環境に露光装置を移動して設置するに際して、空気の屈折率の変化に応じた分だけ露光波長を変化させるものであるから、投影光学系の再調整の作業を皆無とし、あるいは軽減することができ、しかも調整環境での光学性能と同等の光学性能を使用環境において達成することができる。

## 【図面の簡単な説明】

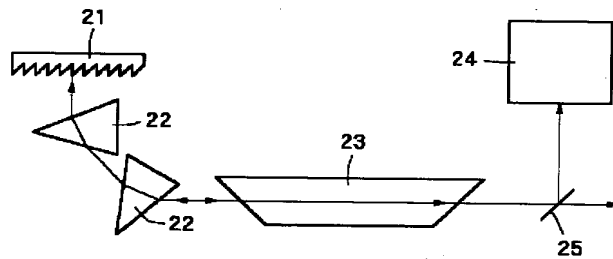
【図1】半導体素子等の製造に使用される露光装置を示す概略図。

【図2】露光装置の光源として使われているエキシマレーザの構造を示す概略図。

【図1】



【図2】



【図3】投影光学系のレンズ構成の一例を示す図。

【図4】(a)調整環境で調整して所望の性能を達成した状態での球面収差図、(b)単に使用環境に移動した状態での球面収差図、及び(c)使用環境に移動した後に光源の波長を変更した状態での球面収差図。

【図5】(a)調整環境で調整して所望の性能を達成した状態での歪曲収差図、(b)単に使用環境に移動した状態での歪曲収差図、及び(c)使用環境に移動した後に光源の波長を変更した状態での歪曲収差図。

## 【符号の説明】

11…光源 12…照明光学系

13…投影光学系

R…レチクル(マスク)

W…ウエハ

21…反射型回折格子

22…プリズム

23…レーザーチャンバー

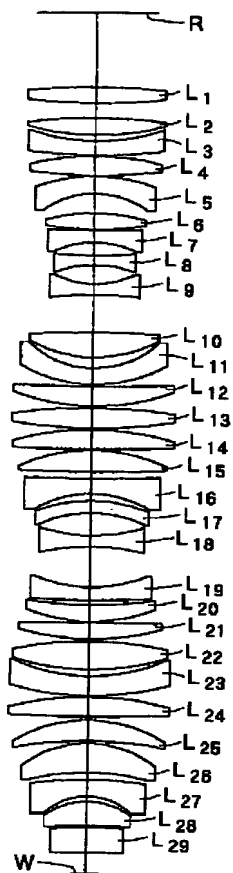
24…波長モニター

25…ハーフミラー

L1～L29…レンズ

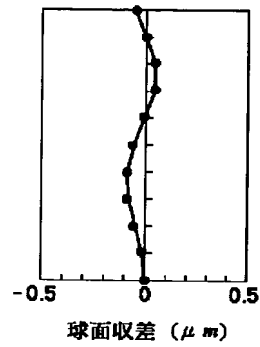


【図3】

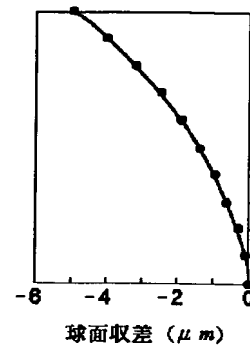


【図4】

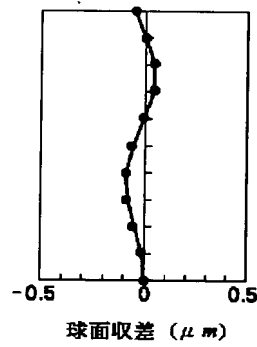
(a)



(b)



(c)



【図5】

